

马来西亚沙捞越西部 Punda 金铜矿床 构造控矿作用及找矿意义

赵财胜¹, 孙丰月¹, 李碧乐¹, 潘彤^{1,2}, 姚凤良¹

(1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130026; 2. 青海省有色地质勘察院, 西宁 810000)

[摘要]沙捞越西部 Punda 金铜矿床为浅成—半浅成角砾岩筒控制的典型高硫化型浅成低温热液矿床。控矿角砾岩筒的分布受线性走滑断裂构造控制, 角砾岩筒垂直分带明显。角砾岩筒上段的塌陷角砾岩与矿化关系密切, 中段的流化角砾岩、边部的水压角砾岩和下段的爆发角砾岩还未出露。根据角砾岩的垂直分带特点, 该角砾岩筒剥蚀较浅, 矿床保存条件良好, 具有较大的深部找矿潜力。

[关键词]Punda 金铜矿床 断裂构造 角砾岩筒构造 控矿作用

[中图分类号]P618.51; P618.41 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2004)02-0018-05

Punda 金铜矿床是加拿大 TMC 公司近年来在马来西亚发现的一个较为典型的高硫化型浅成低温热液矿床, 行政区划属沙捞越州 Samarahan 省 Simunjan 县管辖。地理坐标为: 东经 110°55'10" ~

111°00'00", 北纬 1°05'20' ~ 1°10'30"。区内交通便利, Kuching - Sri Aman 公路及 Kuching - Simunjan 公路均可直达矿区(图 1)。

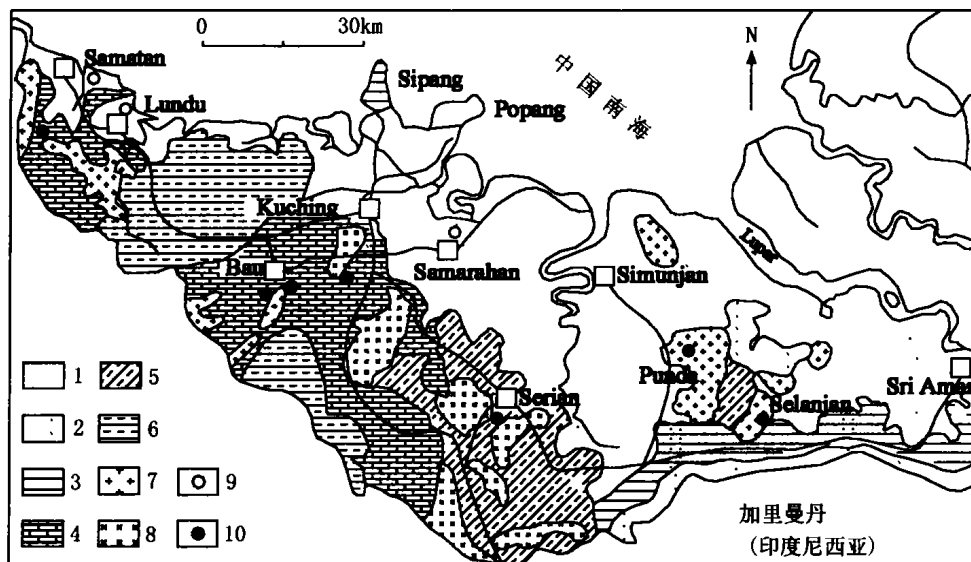


图 1 沙捞越西部区域地质矿产图^[1]

1—第四纪沉积物; 2—晚第三纪海陆交互相沉积物; 3—早第三纪海陆交互相沉积物; 4—侏罗纪—白垩纪海相沉积物; 5—三叠纪海陆交互相沉积物; 6—晚古生代基底; 7—三叠纪—晚第三纪花岗质侵入岩及对应的细粒浅成相; 8—晚三叠纪—第四纪安山质和玄武质熔岩; 9—砂金矿床; 10—岩金矿床

Punda 金铜矿床的地质调查工作起步较晚, 先后有马来西亚地质局和沙捞越州地质调查所等单位在该区做过工作。1976 年, 马来西亚地质局在 Punda 地区发现大量块状磁铁矿露头 and 磁铁矿漂砾, 并

接着进行了磁法测量, 根据磁异常圈定出 3 个异常区。1995 年, 加拿大 TMC 公司在该区通过水系沉积物分散流取样工作, 证实了该区金铜异常的存在。1997 年, TMC 公司在该区进行了 1:5000 土壤次生

[收稿日期]2003-04-23; **[修订日期]**2003-07-19; **[责任编辑]**余大良。

[基金项目]吉林大学地球科学学院与加拿大 TMC 公司国际合作项目(编号:3B6010014015)资助。

[第一作者简介]赵财胜(1976 年-), 男, 2001 年毕业于吉林大学, 获硕士学位, 在读博士生, 主要从事热液矿床成矿理论及预测研究工作。

晕B层取样,圈出了5个异常。并于1998年在2号异常区内 Melaban 山腰发现含金石英脉,并进行了钻孔勘探,揭露出品位较高的金铜矿化。同时在2号异常区重新布置勘探线和钻孔,初步查明该异常带为一角砾岩筒控制的金铜矿床。

2000年笔者有幸参加了TMC公司与吉林大学地球科学学院的国际合作项目,并主要负责Punda金铜矿床的调查研究工作。通过研究,我们圈定了成矿远景区,并做出了相应的成矿潜力评价,为TMC进一步的勘查提供了有益的资料。研究表明,Punda金铜矿床为一受浅成—半浅成角砾岩筒控制的高硫化型浅成低温热液矿床,走滑断裂构造控制角砾岩筒的产出位置。本文着重分析Punda金铜矿床的控矿构造因素(走滑断裂构造和角砾岩筒构造),并探讨其控矿和找矿意义,以期对我国类似矿床的研究和勘查提供借鉴意义。

1 成矿地质背景

以Lupar(卢帕)断裂为界,沙捞越地质可分为西部沙捞越和中—北沙捞越(图1)。西部沙捞越地理上位于加里曼丹岛(旧称婆罗洲)的西北部,其基底为由晚古生代变质岩组成的巽他(Sundaland)克拉通^[1]。西部沙捞越基底在整个古生代和中生代处于构造活跃期。始新世—中新世,印—澳板块对欧亚板块的俯冲引起亚洲大陆边缘的裂开并产生了南中国海,同时导致南中国海板块向加里曼丹大陆西北部边缘俯冲^[2]。南中国海板块在加里曼丹西

北缘的会聚消减作用,在西部沙捞越形成一晚渐新世—中新世的钙碱性岩浆带,为西部沙捞越大部分金矿床的赋矿围岩^[3]。

矿区出露的地层有第三纪晚始新世—中新世Silantek组砾岩、砂岩、粉砂质—碳酸质泥岩、页岩和第四纪河流冲积物。Punda金铜矿床的容矿岩石主要为安山岩、英安岩、安山质—英安质凝灰岩和火山碎屑岩(图2)。矿区发育的岩石还包括少量侵入岩,如细粒花岗岩闪长斑岩和石英闪长岩,为一套晚渐新世—中新世钙碱性系列中—酸性火山岩(表1)。矿区内构造形式多样,包括走滑断裂构造、角砾岩筒构造和节理构造。

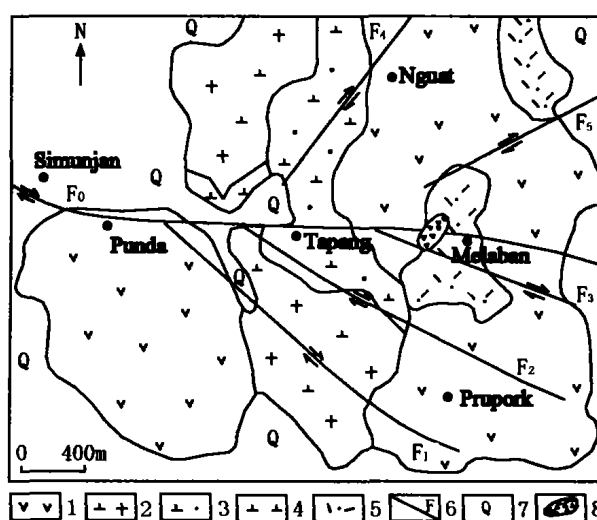


图2 Punda地区地质简图

1—安山质—英安质火山岩;2—花岗闪长斑岩;3—石英闪长斑岩;4—细粒闪长岩;5—凝灰岩;6—断层;7—第四纪沉积物;
8—角砾岩筒(未按比例尺)

表1 Punda金铜矿火山—侵入岩石化学成分

岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	烧失	总和
安山岩	55.53	0.99	17.58	9.03	0.18	4.05	8.24	2.6	0.69	0.13	1.57	0.02	100.61
安山—英安质凝灰岩	53.37	0.92	18.57	10.16	0.02	3.98	8.85	3.13	0.6	0.14	0.49	0.01	100.24
安山质角砾凝灰岩	52.29	0.83	15.86	4.88	0.26	3.04	4.77	0.1	5.43	0.15	8.35	2.95	98.91
英安岩	54.02	0.77	15.54	7.61	0.29	3.83	3.26	2.9	3.18	0.14	5.86	2.42	99.82
花岗闪长岩	52.82	0.93	18.61	10.37	0.02	4.07	9.05	3.07	0.57	0.13	0.43	0.01	100.08
石英闪长岩	57.66	0.95	17.73	8.74	0.05	1.39	0.23	0.47	4.46	0.2	0.24	7.72	99.93

注:样品由加拿大TMC公司化学分析室分析,2001。

2 Punda金铜矿床特征及类型探讨

2.1 矿体特征

Punda金铜矿的主矿体产在角砾岩筒中,角砾岩筒为全筒式矿化,中心部位矿体厚度较大,且品位较高,向边缘逐渐降低,金平均品位为 $0.6 \times 10^{-6} \sim 2.3 \times 10^{-6}$ 。矿体主要由硅化蚀变岩组成,还可见明矾石化、高岭石化和叶蜡石化蚀变产物。金矿化主要集中于角砾岩筒的顶部或浅部的氧化带,而向其

深部铜矿化逐渐增强,硫砷铜矿、四方硫砷铜矿和黄铜矿发育,铜平均品位为0.05%~0.36%,最高可达3.22%^①,其金铜矿化分带特征类似于我国福建紫金山金矿床,即存在上金下铜的垂直分带特点^[4]。另外,角砾岩筒周边的环状、放射状断裂构造控制着较小规模的脉状和细脉浸染状矿化体,金

① Annual Report for General Prospecting Work Completed in GPL Areas, Sri Aman District, 2000, Mabong Mining SDN BHD.

的最高品位为 3.3×10^{-6} , 一般介于 $0.2 \times 10^{-6} \sim 1.5 \times 10^{-6}$ 。

2.2 矿石特征

矿石的金属矿物有黄铜矿、硫砷铜矿、黄铁矿、辉铜矿、辉锑矿、黝铜矿、赤铁矿、褐铁矿和孔雀石。脉石矿物主要为石英、明矾石、重晶石、高岭石、叶蜡石、地开石和硬水铝石。主要结构有乳滴状结构、半自形晶粒状结构、浸蚀结构、交代残余结构和交代穿插结构。典型构造有角砾状构造、交代状构造、浸染状构造、脉状、交错脉状及网脉状构造。

2.3 围岩蚀变

矿区内最大的蚀变角砾岩筒出露于 Melaban 山顶, 围岩蚀变呈不规则面状分布, 且具有一定的分带性。从角砾岩筒中心部位向外分布的蚀变依次为硅化—明矾石化、硅化—地开石化、硅化—绢云母化(图3), 其它的蚀变还有叶蜡石化、高岭石化、蒙脱石化, 偶见硬水铝石化。硅化在矿体地表出露处表现为灰白色、多孔洞、残余状石英, 为强酸性($\text{pH} < 3$)热液流体淋滤的结果^[5]。这种流体将岩石中除硅质之外的其他组份全部被淋滤殆尽, 仅残留多孔状石英。多孔状石英仅分布于硅化带的中心部位, 而在蚀变的外带则不常见。这说明热液蚀变过程中存在物理化学梯度分带, 即初始强酸性流体在与围岩的反应中被稀释, pH 值不断升高($\text{pH} \geq 3$)造成的。地开石、叶蜡石和高岭石均是组成高级泥化蚀变带的标志性矿物。多孔状石英和高级泥化带为高硫化型浅成低温热液矿床典型的围岩蚀变识别标志^[6], 如我国山东的七宝山、新疆的伊尔曼德、台湾的金瓜石、智利的 ElIndio、日本的 Nansatsu 和西班牙的 Rodalquilar 矿床。高岭石的结晶需要酸性流体的作用, 其 pH 值约为 $3 \sim 4$, 形成温度低于 $150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 。它常与另一种特征硫酸盐矿物明矾石共生, 明矾石呈板状、柱状散布于蚀变凝灰岩中, 局部富集, 偶见硬水铝石和重晶石这样酸性环境的标志性矿物。金矿化主要富集在硅化蚀变带和高级泥化带内, 控制着角砾岩筒的绝大部分矿体。根据围岩蚀变、蚀变矿物组合及矿化特征, 我们认为 Punda 金铜矿床为一由酸性、氧化热液形成的典型的高硫化型浅成低温热液矿床。

3 构造控矿作用

3.1 断裂构造控矿

始新世—中新世, 南中国海板块在加里曼丹西北缘的会聚消减作用, 产生了区域性北西向挤压应

力场, 在沙捞越西部形成一系列区域性的走滑断裂构造。在 Punda 金铜矿区, 该线性控矿断裂构造表现为一系列右旋走滑断裂构造组成的断裂构造系统(图2)。前人资料表明^[7], F_0 断裂是西部沙捞越最重要的一条区域性控岩、控矿走滑断裂构造。 F_0 断裂在 Punda 矿区为一级走滑断裂构造, 而另两组北西向(F_1 、 F_2 、 F_3)和北东向(F_4 、 F_5)断裂均为 F_0 断裂的次级走滑断裂, 呈羽状、斜列式分布于 F_0 断裂两侧。 F_0 断裂与次级断裂的交汇部位是角砾岩筒构造产出的有利部位, 同时也是成岩成矿的有利构造部位。

F_0 为张扭性右旋走滑断裂, 总体走向近东西, 局部出现弯曲偏向北西和南东。构造破碎带宽约 $50 \sim 500\text{m}$, 断裂主裂面倾向变化较大, 大区域上以倾向南—南西为主, 陡立, 倾角多在 75° 以上。断裂带内断层角砾岩及水平擦痕发育, 并常见牵引构造及重晶石化、方解石化和硅化现象。

北西向断裂构造(F_1 、 F_2 、 F_3)分布于 F_0 断裂构造的西南侧, 并为之呈小角度相交, 亦为张扭性右旋走滑断裂构造, 往南东方向延伸逐渐有散开的趋势, 多见水平擦痕。其总体走向北西—北北西, 倾向北东, 倾角较陡, 为 $60^\circ \sim 80^\circ$ 之间。北西向断裂与 F_0 断裂的交汇部位是角砾岩筒的最大有利部位, 如 Punda 金铜矿床控矿角砾岩筒构造就产出于 F_0 断裂与 F_3 断裂的交汇部位。同时, 北西向断裂构造是区内重要的控矿断裂构造, 蚀变、矿化较发育。在角砾岩筒周边发育的北西向张性断裂控制着较小规模的脉状和细脉状矿化。多见硅化、泥化、方解石化和重晶石化等蚀变现象。

北东向断裂(F_4 、 F_5)分布于 F_0 断裂的北东侧, 属压扭性右旋走滑断裂构造。发育于 F_0 断裂附近, 倾角多大于 70° , 近于直立。次级断裂破碎带宽约 $10 \sim 250\text{m}$ 不等, 局部断层泥发育。

3.2 角砾岩筒构造控矿

Punda 控矿角砾岩筒分布于 Melaban 附近的第三纪安山质凝灰岩中, 其形成与岩浆晚期阶段熔体中挥发份逸失有关。平面上呈不规则椭圆形, 长轴长 250m , 走向北东, 短轴长 $90 \sim 150\text{m}$ 。剖面上呈上宽下窄的倒锥状或漏斗状(图3)^[8]。在 -200m 深度时, 角砾岩筒有逐渐向下变小的趋势。受构造控制明显, 产出于两条断裂 F_0 与 F_3 断裂的交汇部位。

Punda 金铜矿地表出露的以及钻孔所揭露的角砾岩特征表明, 角砾岩为棱角状、尖棱角状、次棱角状, 角砾大小相差悬殊, 小的仅几厘米, 大的可达几

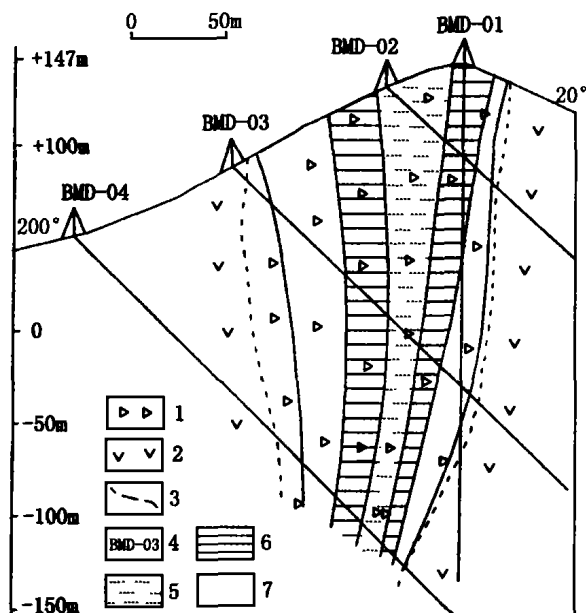


图3 Punda 金铜矿床控矿角砾岩筒构造剖面图^[7]

1—矿化角砾岩;2—凝灰岩;3—角砾岩筒边界;4—钻孔及其编号;5—硅化—明矾石化;6—硅化—地开石化;7—硅化—绢云母化

十厘米到几米。角砾分选性极差,表现为大大小小的岩石碎块杂乱地堆在一起。角砾只是垮落、堆积,而无搬运,故角砾基本无位移,为原地角砾。如果剔除胶结物,两边的角砾可完整无缝地对接,反映了角砾岩筒浅部特征,说明该角砾岩筒剥蚀较浅。角砾岩成分单一,与围岩及顶部岩石岩性一致,均为安山质火山凝灰岩。角砾的胶结物主要是热液矿物(如石英、方解石)、蚀变矿物(如钾长石、高岭石)和金属矿物(如黄铜矿、方铅矿、黄铁矿),以及部分凝灰岩角砾碎屑物质。角砾岩与围岩的接触界限清楚,且蚀变、矿化特征截然有别。在矿化角砾岩外围出现无矿化的角砾岩,然后是一圈震碎角砾岩,再往外为没有角砾化的凝灰岩围岩。

按其形成机制、特征和深度,角砾岩筒可分为浅成一半浅成角砾岩筒、破火山口角砾岩筒、热液爆发角砾岩筒和断裂构造角砾岩筒^[9]。通过角砾岩筒构造的特征分析,我们认为 Punda 金铜矿床的控矿角砾岩筒属浅成一半浅成角砾岩筒。该角砾岩筒的形成作用主要包括爆发作用、流化作用、水压作用和塌陷作用^[10]。其中,前3种形成作用均与流体作用有关,而塌陷作用属非流体作用。在浅成一半浅成角砾岩筒中,角砾岩的分布具有明显的垂直分带特征,与其形成作用相对应,从下到上大致可分为:爆发角砾岩、流化角砾岩、水压角砾岩和塌陷角砾岩^[9,11]。因此,角砾岩筒后期改造及剥蚀深度的确

定对角砾岩筒的研究至关重要^[12]。

根据 Punda 控矿角砾岩筒内发育角砾岩的特征,并结合浅成一半浅成角砾岩筒中角砾岩的垂向分带特征,我们认为 Punda 控矿角砾岩为浅成一半浅成角砾岩筒上段的塌陷角砾岩,表现为浅成一半浅成角砾岩筒的浅部特征。浅成一半浅成角砾岩筒中段的流化角砾岩、边部的水压角砾岩和下段的爆发角砾岩还未出露,表明该角砾岩筒的剥蚀程度较浅。

4 找矿意义

Punda 金铜矿位于环太平洋成矿带,角砾岩筒控矿明显,且成矿条件极为优越。但由于该矿地处热带雨林性气候,风化、剥蚀作用十分强烈,这对矿床的保存十分不利。研究角砾岩筒的垂直分带和剥蚀深度对矿床的保存和指导找矿均具有重要的意义。Punda 金铜矿区地表出露的及钻孔所揭露的角砾岩均为塌陷角砾岩,结合浅成一半浅成角砾岩筒的垂向分带特点,可断定该角砾岩为角砾岩筒的偏上部位,而组成角砾岩筒主体部分的流化角砾岩、水压角砾岩和下部的爆发角砾岩还没有揭露。说明该角砾岩筒剥蚀深度较浅,角砾岩筒的绝大部分仍保留完整。矿体的剥蚀规模较小,金铜矿床的保存条件良好,同时考虑该角砾岩筒垂直延伸是其直径两倍以上的特点,我们认为 Punda 金铜矿深部仍有较大的找矿前景。

浅成一半浅成角砾岩筒常与斑岩型矿化关系密切。同时,高硫化型成矿作用可能直接与隐伏的斑岩成矿系统有关^[13]。因此,在浅成一半浅成角砾岩筒控制的 Punda 高硫化型浅成低温热液矿床的深部或底部,应注意对斑岩型成矿系统的寻找,开拓找矿思路。此外,在斑岩成矿系统的顶部,高温高压、富含矿质的气水热液沿构造薄弱部位爆发,所以在斑岩成矿系统的上部或顶部常形成火山机构控矿的高硫化型浅成低温热液矿床,而随着温度梯度的减弱,远离斑岩成矿系统的气水热液在构造有利的部位形成断裂构造控矿的低硫化型浅成低温热液矿床^[14]。因此,在 Punda 金铜矿区,应注重在北西向张性断裂构造中寻找低硫化型浅成低温热液矿床,扩大找矿范围。上述认识在我国类似矿床的找矿研究中也具有一定的借鉴意义。

[参考文献]

- [1] Van Leeuwen T M, Leach T, Hawke A A, Hawke M M. The Kelian disseminated gold deposit, East Kalimantan, Indonesia [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1990, 50: 1 ~ 61.
- [2] Atmadja R S, Noeradi D, Priadi B. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution [J]. *Journal of Asian Earth Science*, 1999, 17: 25 ~ 45.
- [3] Chung S K. Geology of the Kuching area West Sarawak [M]. Kuala Lumpur: Malaysia Ministry of Primary Industries, 1993.
- [4] 张江. 紫金山铜金矿床地质地球化学特征 [J]. *地质与勘探*, 2001, 37(2): 17 ~ 22.
- [5] Hedenquist J W, Izawa E, Arribas A, et al. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration [J]. *Resource Geology Special Publication Japan*, 1997, (1): 2 ~ 8.
- [6] Hedenquist J W, Matsuhisa Y, Izawa E, et al. Geology, geochemistry, and origin of high sulfidation Cu - Au mineralization in the Nansatsu district, Japan [J]. *Economic Geology*, 1994, 89: 1 ~ 30.
- [7] Paterson grant & Watson LTD (PGW). Interpretation of Airborne Magnetic and Radiometric Surveys West Sarawak, Malaysia [R]. Kuala Lumpur: Geological survey of Malaysia, Sarawak United Nations Project, 1988.
- [8] 赵财胜. 西南太平洋区域地质、成矿作用及 Punda 金铜矿床特征研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2002.
- [9] Baker E M, Kirwin D J, Taylor R G. Hydrothermal breccia pipes: EGRU Contribution 12 [M]. James Cook University, Townsville, Australia, 1986.
- [10] Baker E M, Andrew A S. Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the gold bearing breccias pipe at Kinston, Queensland, Australia [J]. *Economic Geology*, 1991, 86: 810 ~ 830.
- [11] 汪劲草, 彭恩生, 孙振家. 流体动力角砾岩分类及其地质意义 [J]. *长春科技大学学报*, 2000, 30(1): 18 ~ 23.
- [12] 胡承琦, 冯佐海, 王林江, 等. 中酸性隐爆角砾岩、次火山(超浅成)岩与成矿的关系——以广西贵港新民 - 吉塘铜银矿区为例 [J]. *地质与勘探*, 1997, 33(4): 1 ~ 6.
- [13] 沈远超, 曾庆栋, 刘铁兵, 等. 隐伏金矿定位预测 [J]. *地质与勘探*, 2001, 37(1): 1 ~ 6.
- [14] Hedenquist J W, Jacob B L. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposit [J]. *Nature*, 1994, 370(18): 519 ~ 527.

STRUCTURAL CONTROLS ON MINERALIZATION AND ITS ORE - PROSPECTING SIGNIFICANCE IN THE PUNDA GOLD - COPPER DEPOSIT OF WEST SARAWAK, MALAYSIA

ZHAO Cai - sheng¹, SUN Feng - yue¹, LI Bi - le¹, PAN Tong^{1,2}, YAO Feng - liang¹

(1. College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130026;

2. Qinghai Bureau of Nonferrous Metals Exploration, Xining 810000)

Abstract: Punda gold - copper deposit is a typical high sulphidation type epithermal deposit controlled by hypabyssal breccia pipe structure. The hypabyssal breccia pipe structure is located in the intersection segments of linear strike faults, and possesses distinct vertical zonation. Collapse breccias in the superficial parts or topside of the hypabyssal pipe are related with the gold - copper mineralization. Rheomorphic breccia in the middle segment of the pipe, hydrofracturing breccia in the boundary of the pipe and explosive breccia in the bottom of the pipe have not been discovered in the drilling holes. According to the vertical zonation and denudation situation of the Punda breccia pipe, it is concluded that the denudation depth just reaches to the superficial segment or topside of the pipe, and the preserve conditions of Punda gold - copper deposit is relatively good. Therefore, Punda gold - copper deposit has an excellent exploration prospecting in the west Sarawak of Malaysia.

Key words: gold - copper deposit, breccia pipe structure, fault structure, ore - controlling process, Punda, Malaysia